



⑬ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑩ Offenlegungsschrift
DE 195 45 253 A 1

⑤ Int. Cl.⁸:
F 02 K 3/04

⑳ Aktenzeichen: 195 45 253.4
㉑ Anmeldetag: 24. 11. 95
㉒ Offenlegungstag: 28. 5. 97

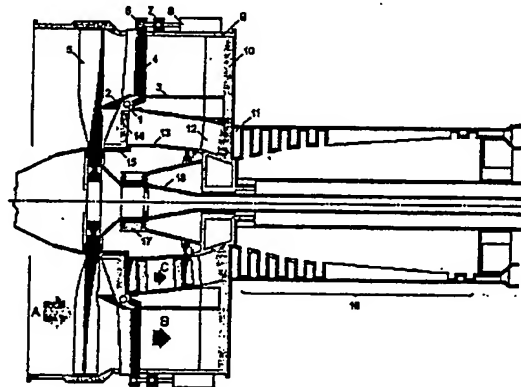
DE 195 45 253 A 1

㉑ Anmelder:
Gerst, Hellmut, Dr.-Ing., 13125 Berlin, DE

㉒ Erfinder:
Gerst, Hellmut, 13125 Berlin, DE

⑥ Variables Bypass-Verhältnis beim Fantriebwerk

⑤ Aus Gründen des spezifischen Treibstoffverbrauchs ist es günstig, für unterschiedliche stationäre Last unterschiedliche Bypass-Verhältnisse B/C eines Fantriebwerkes einstellen zu können. Auch erfordern bestimmte Betriebszustände der Gasturbine, das Luftangebot am Ausgang des Niederdruckverdichters bei fast unveränderter Drehzahl der Niederdruckwelle kurzzeitig zu verändern. Der hier vorgeschlagene Weg, die Aufteilung der Luftmengen B und C (Fig. 1) direkt hinter dem Fan 5 mittels einer Kippsegment-Ringblende 2 zu variieren, erfordert keine Veränderungen an belasteten Triebwerksteilen. Kleine Flächenänderungen der Ringblenden-Öffnung F_1, \dots, F_2 gehen (ohne Berücksichtigung der radialen Strömungsschichtung) mit der relativen Änderung des Bypass-Verhältnisses $b = (F_2 - F_1) / (F_1 - F_1)$; F_1 die vom Fußkreis 15 eingeschlossene Fläche.



DE 195 45 253 A 1

Einordnung

Fantriebwerke arbeiten mit hohem Wirkungsgrad bei hohen Fluggeschwindigkeiten unterhalb der Schallgeschwindigkeit und bei niedrigen Fluggeschwindigkeiten bei gleichzeitig hohen Anforderungen an die Schubkraft. Alle üblichen Ausführungen beruhen auf dem Prinzip der Zweiwellen-Gasturbine.

Die Besonderheit des Fan- od. Bläsertriebwerks ist, daß ein großer Teil der Leistung, die dem Gasstrom in der Niederdruckturbine entnommen wird, als Wellenleistung (mittels der innenliegenden Welle des coaxialen Zweiwellensystems) an die überdimensionierte erste Rotorstufe des mehrstufigen Niederdruckverdichters zurückgeführt wird. Hinter dieser Stufe, dem Fan od. Bläser 5 (Fig. 1), erfolgt die Aufteilung der gesamten aufgenommenen Luftmenge A (Fig. 1) in die coaxial geführten Luftströme B (äußerer Luftstrom; Mantelstrom; Sekundär- od. Bypass-Luft) und C (innerer Luftstrom; Primärluft; zum Verdichtersystem). Üblich sind Bypass-Verhältnisse (d. h. Sekundär/Primärluft) über 4 : 1; typisch sind 5,2 : 1 (Triebw. CF6-80C2, u. a. in der Airbus Industrie) bis zu 8 : 1 (TF39, z. B. Lockheed C-5 Galaxy). Für niedrigen spezifischen Treibstoffverbrauch bei niedrigen Fluggeschwindigkeiten und niedrigen Flughöhen ist ein hohes Bypass-Verhältnis günstig; bei hohen Fluggeschwindigkeiten in großer Höhe ist ein niedriges Bypass-Verhältnis günstiger. Die Wahl wird deshalb auch durch den vorwiegenden Einsatz eines Triebwerkes bestimmt, z. B. im Regional- oder Langstreckenverkehr.

Zum einen ist es aus Gründen des spezifischen Treibstoffverbrauchs günstig, in unterschiedlichen Flugphasen unterschiedliche stationäre Bypass-Verhältnisse einstellen zu können; zum anderen erfordern bestimmte Betriebszustände der Gasturbine, das Luftangebot am Ausgang des Niederdruckverdichters bei fast unveränderter Drehzahl der Niederdruckwelle zu verändern. Letzteres erfolgt üblicherweise durch geregelte Klappen (variable bleed-doors, Triebw. CF6-80C2), die vorverdichtete Luft am Ende des Luftleitkanals 12 (Fig. 1) zum Bypasskanal hin freigeben. Das hat folgende Nachteile:

- (i) die vorverdichtete Luft läßt sich aus den Klappenfenstern nicht turbulenzfrei in den Bypassstrom kanalisieren. Die Vorverdichtung wurde zudem mit einem Wirkungsgrad < 1 des Niederdruckverdichters erzielt.
- (ii) Hinter den Klappenbereichen hält der Primärluftstrom ein fortgesetztes, tangentiales Druckprofil (einen bei zirkulärer Betrachtung wechselnden Druck), das bei Erreichen des Hochdruckverdichters nicht ausgleichend ist. Auf die erste Rotorstufe des Hochdruckverdichters wirkt dieser mit dem Hochdruckkern nichtsynchrone Wechselanteil auch hinter den Einlaßleitschaufeln 11 (Fig. 1) wie eine Randomstörung, die den Konversionsfaktor der vorderen Stufen beeinträchtigt. Evtl. mögliche Stabilitätsprobleme in der ersten Rotorstufe des Hochdruckverdichters (nicht erwähnt) sind aus den konstruktiven Maßnahmen ablesbar, die dort getroffen wurden.

Günstiger ist der hier vorgeschlagene Weg, die Aufteilung der Luftmengen B und C (Fig. 1) direkt hinter dem Fan zu variieren. Eine verstellbare Ringblende, Fig. 2, deren Eintrittsfläche durch gemeinsames Kippen aller Ringblendensegmente 2 (Fig. 1; Fig. 2) verändert wird, ist mit den obengenannten Problemen nicht behaftet. Um die Wirkung sehr direkt zu erhalten, wird der Rücken der Fanblätter ggf. mit einem Profil versehen, das dem Weg der Ringblenden-Vorderkante entspricht. Dichtes Führen der Ringblenden-Kante nahe dem Fan vermeidet Druckausgleich hinter dem Fan und eine Reduzierung des wirksamen Variationsbereichs.

Anordnung der Ringblende im Fan-Gehäuse

Das Schema Fig. 1 zeigt die interessierenden Abschnitte eines üblichen Fantriebwerks, dessen prinzipieller Aufbau hier nicht näher zu erläutern ist. Die skizzierte, allgemein übliche Art der Lagerung des Wellensystems und der besonders stark belasteten Teile 16, 17 bezieht die radialen Luftleitstreben 4 nicht in die Statik des vorderen Triebwerksteils ein, die allein von der Titanguß-Fannabe 12, 17 getragen wird. So können die Luftleitstreben als Stellarme für die Ringblendensegmente genutzt werden, mit denen sie fest verbunden werden; 2, 4. Die Lagerung der Ringblende erfolgt mittels eines Kippachsen-Polygons 1 vorn am üblichen mehrteiligen Luftleitkörper 3, dessen äußere Fläche die innere Hülle des Bypasskanals und dessen innere Fläche den Mantel des Niederdruckverdichters bildet. Die feststehenden Einlaßleitschaufeln 14 vor dem Niederdruckverdichter-Eingang werden schräggestellt zwischen dem feststehenden Fußring 15 und der Vorderkante des Luftleitkörpers nahe 1. Soll ihre vordere Ebene der hinteren Fanebene unmittelbar gegenüberstehen, dann wird die Scheitelperipherie so gewählt, daß sie die Innenfläche der Ringblende 2 in der kleinsten Stellung berührt.

Statt der in Fig. 1 erkennbaren Aktion des Verbundringes 7, der die Translationsbewegung weniger Stellwertgeber 8 in axialer Richtung im Verbund an die Gelenke 6 weitergibt, ist eine Anordnung von 90°-Winkelhebeln zwischen 6 und 7 vorzuziehen (ohne Zeichnung). Die radial orientierten Winkelachsen werden drehbar auf dem Fan-Gehäuse 9 montiert ähnlich der Klappensteuerung auf dem hinteren Mantelende des Niederdruckverdichters in dem Triebw. CF6-80C2. Der Verbundring wird mittels zusätzlicher Winkelhebel zwischen 7 und 8 bewegt: nicht in axialer Richtung verschoben, sondern auf dem Fan-Gehäuse gedreht. Diese Konstruktion kommt mit 2 Stellwertgebern in diametraler Anordnung und ebenfalls axialer Arbeitsrichtung wie in Fig. 1 auf dem Fan-Gehäuse aus.

Konstruktion der Ringblende

Fig. 2 zeigt das Schema eines möglichen Aufbaus der Ringblende. Die geraden Achsenstücke 1 werden im Polygon angeordnet; sie sind z. B. fest im inneren Ende der Luftleitstreben 4 und beweglich gelagert in der Vorderkante von 3, wo die innere und äußere Fläche des mehrteiligen Luftleitkörpers zusammenstoßen. Das Vorderteil von 4 ist in den Ringblenden-Segmenten 2 befestigt (symbolisch mittels 6). Die Ausgleichsflächen 5 werden beim Kippen der Segmente aus der Horizontalen teleskopartig in die Randzonen geschoben. Bei gro-

Dem x und Δx , d. h. breiten Segmentabschnitten (wenigen Streben) und großen Kippwinkeln, werden die Ausgleichsflächen auf Flächenkrümmung beansprucht, was entweder durch Wahl geeigneter Toleranzen und Werkstoffe oder durch Mittelgelenke bei starrer Ausführung von 5 zu berücksichtigen ist.

Relative Änderung des Bypass-Verhältnisses

Der Luftstrom A (Fig. 1) erfährt durch den Einlaufdiffusor vor und beim Durchtritt durch den Fan eine radiale Schichtung, die von Konstruktions- und Betriebsgrößen abhängt. Es ist deshalb nicht möglich, aus einfachen geometrischen Flächenverhältnissen hinter dem Fan auf ein gültiges Bypass-Verhältnis oder auf die relative Änderung des Bypass-Verhältnisses b in weiten Grenzen zu schließen.

Die relative Gesamt-Flächenvariation der Ringblende F_{\max}/F_{\min} ergibt sich für ausreichend viele, schmale Segmentabschnitte der Breite x und für betragsgleiche Segmentbreitenvariation Δx in beiden Richtungen (Öffnung/Schließung) zu $F_{\max}/F_{\min} \approx (1 + 2\Delta x/x)^2$. Für $\Delta x \ll x$ gilt auch $\phi \approx \arcsin(2R \cdot \Delta x/y \cdot x)$, vgl. Fig. 2.

Ohne Kenntnis der von der Blendenstellung abhängigen, unterschiedlichen radialen Strömungsdichteverläufe ist auch eine Abschätzung der größten relativen Änderung des Bypass-Verhältnisses nicht möglich. Die Strömungsdichten müssen dazu über die vier Radiusabschnitte entsprechend den zwei Extremstellungen der Blende getrennt integriert werden.

Für kleine Flächenunterschieden der Blendenöffnung $(F_2 - F_1) \ll (F_{\max} - F_{\min})$ und beide Blendenstellungen $(F_2; F_1)$ nahe dem beliebigen Kippwinkel v verhält sich die relative Änderung des Bypass-Verhältnisses wie das wirksame Flächenverhältnis $b(v) = (F_2 - F_1)/(F_1 - F_i)$. F_i ist die vom Fußkreis 15 (Fig. 1) eingeschlossene Fläche. Ist das Bypass-Verhältnis für v bekannt, dann kann aus der Geometrie nur auf die relative Änderung nahe v geschlossen werden.

Bezugszeichenliste

Fig. 1 Übersichtsschema schematic survey

- 1 Kippachsen d. Ringblenden-Segmente tilt axes of segments
- 2 Ringblenden-Segmente tilting segments
- 3 Luftleitkörper air duct
- 4 Radiale Luftleitstreben outlet guide vanes
- 5 Fan od. Bläser fan
- 6 Gelenkverbindungen 4—7 links 4—7
- 7 Verbundstellring unison ring
- 8 Stellwertgeber actuators
- 9 Fan-Gehäuse fan case
- 10 Radiale Stützstreben radial support struts
- 11 Leitschaufeln am H.verdichtereingang HP compressor inlet guide vanes
- 12 Luftleitkanal am N.verdichterausgang LP booster outlet air straightener (Fannaben-Titangußkörper) (part of cest titanium fan hub)
- 13 Niederdruckverdichter-Rotorkörper LP booster spool
- 14 Leitschaufeln am N.verdichtereingang LP booster inlet guide vanes
- 15 feststehender Montagerring f. 14 mounting area of 14
- 16 Innenwelle (N.turbine — N.verdichter) mid-Fan (LP turbine to booster) shaft
- 17 Fan-Lager fan thrust bearing
- A Lufteintritt air intake

- B Bypass- od. Mantelstrom bypass air
C Luftstrom z. Verdichter compressor air inflow

Fig. 2 Ringblende variable air flow separator

- 1 Kippachsen-Polygon polygon assembly oft tilt axes
- 2 Ringblendensegmente segments
- 3 Luftleitkörper air duct
- 4 Radiale Luftleitstreben radial air straightener struts
- 5 Ausgleichsflächen telescoping intersections
- 6 Verriegelung locking-bolt
- ϕ Kippwinkel tilt angle
- R mittl. Radius der Ringblendenöffnung mean radius of the aperture
- x Segmentbreite lateral extension of 2
- Δx einseitige Variationsbreite von x total span of x-variation
- y wirksame Segmentlänge effective length of 2

Patentanspruch

Die Minimierung des spezifischen Treibstoffverbrauchs eines Fantriebwerkes erfordert die geregelte Einstellung eines den unterschiedlichen Betriebsbedingungen angemessenen Verhältnisses von außen am Triebwerk vorbeigeführtem Sekundärluftstrom zum im Triebwerk geführten Primärluftstrom (Bypass-Verhältnis). Auch erfordern bestimmte Betriebszustände der Gasturbine, das Luftangebot am Ausgang des Niederdruckverdichters bei momentan unveränderter Drehzahl der Niederdruckwelle schnell zu korrigieren. Letzteres erfolgt üblicherweise durch geregelte Klappen am Ende des Niederdruck-Verdichters zum Bypasskanal hin. Eine wirksame Variation des Bypassverhältnisses mittels Klappen ist nicht beabsichtigt und auch nicht möglich.

Die Anordnung zur Variation des Bypass-Verhältnisses ist gekennzeichnet durch folgende Merkmale:

- (1) die variable Aufteilung der insgesamt durch den Fan einlaufenden Luftmenge A in den Luftstrom B (Sekundärstrom außen) und C (Primärstrom innen zum Verdichtersystem) erfolgt mittels einer konzentrisch zur Mittelachse angeordneten, geregelt verstellbaren Ringblende, die unmittelbar hinter dem Fan auf der Radiushöhe des üblichen starren Luftleitkörpers angeordnet wird und durch Verstellmöglichkeiten zu kleineren und größeren Öffnungsflächen hin eine turbulenzarme Variation von B und C vornimmt

- (2) die Verstellung der Blendenöffnung erfolgt in der Weise, daß eine Aufteilung des beweglichen Vorderteils der Blende in Segmente vorgenommen wird, die auf einem Drehachsen-Polygon in der verkürzten Vorderkante des starren Luftleitkörpers um die Mittelachse drehbar gelagert und gemeinsam gekippt werden

- (2.1) mittels beweglicher Anordnung der starr mit den Segmenten zu verbindenden, üblicherweise starren Luftleitstreben hinter dem Fan. Die Lagerung derselben erfolgt am inneren Ende mittels dem der Strebe zugeordneten geraden Polygon-Achsenstück und auf dem Mantel des Fanghäuses in einem Gelenk, das die gleitend durch den Mantel geführte Stre-

be mit dem zugeordneten Stellarm der
Stellwertgebereinrichtung (Stellwertge-
ber und üblicher Verbundring wie bei
Klappensteuerung) verbindet

(2.2) Druckausgleich zwischen B und C 5
wird unterbunden durch Teleskop-Aus-
gleichsflächen zwischen den Segmenten

(2.3) unbeabsichtigtes Schließen der Blen-
de wird unterbunden durch Begrenzung
der kleinsten Blendenöffnung mittels der 10
Geometrie der zum Blendenrand hin ver-
jüngten Segmente.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

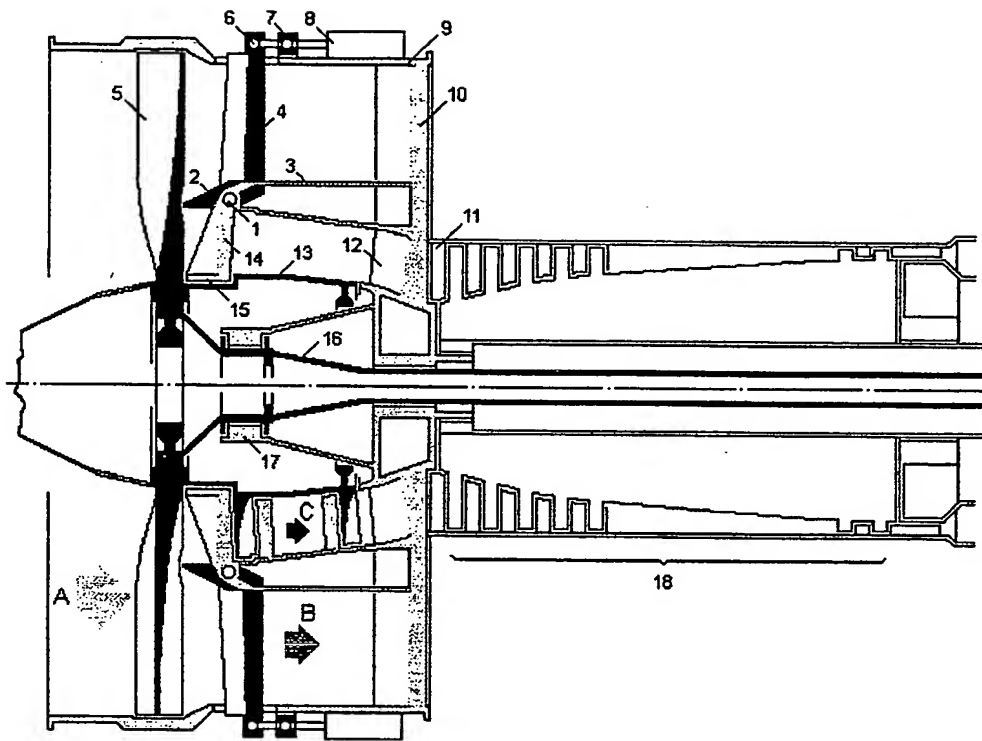
45

50

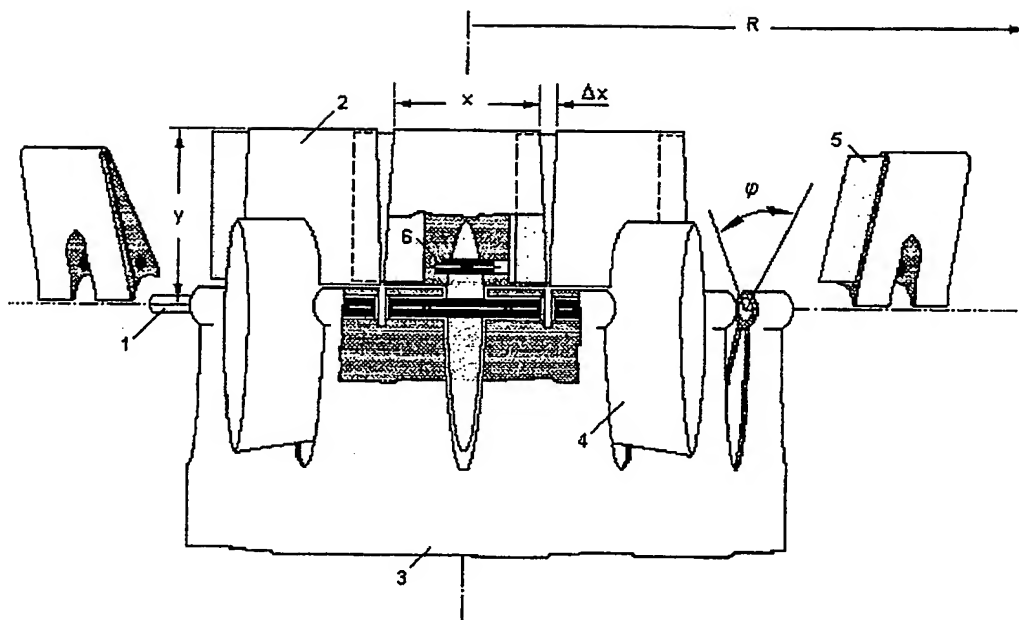
55

60

65



Figur 1



Figur 2

(Abstract)**Variable bypass ratio in a fan engine**

For reasons related to specific fuel consumption it is expedient to be able to set different bypass ratios B/C in a fan engine for different static loads. Certain operating conditions of the gas turbine also require the air supply at the outlet of the low-pressure compressor to be varied for a short time while the rotation speed of the low-pressure shaft remains almost unchanged. The method proposed here for varying the distribution of the air quantities B and C (Fig. 1) immediately behind the fan by means of an annular variable flow separator with tilting segments requires no modifications of loaded engine components. Small area variations of the annular segment aperture $F_1 \dots F_2$ (disregarding the radial flow lamination) produce relative changes of the bypass ratio $b = (F_2 - F_f)/(F_1 - F_f)$; F_f being the area enclosed by the mounting footprint 15.

Description

Classification

Fan engines operate with high efficiency at high flying speeds below the speed of sound and at low flying speeds when at the same time high thrust forces are required. All the customary designs are based on the principle of a dual-shaft gas turbine.

The special feature of a fan or blower engine is that a large proportion of the power drawn from the gas stream in the low-pressure turbine is fed back as shaft power (by means of the mid-fan (LP turbine to booster) shaft of the coaxial dual shaft system) to the oversized first rotor stage of the multi-stage low-pressure compressor. Behind this stage, namely the fan or blower 5 (Fig. 1), the whole quantity A of intake air (Fig. 1) is separated into the coaxial air flow B (outer air flow; case flow; secondary or bypass air) and the air flow C (inner air flow; primary air; to the compressor system). It is usual to have bypass ratios (i.e. secondary/primary air) in excess of 4 : 1; typical values are 5.2 : 1 (CF6–80C2 engine, among others in the Airbus Industry) up to 8 : 1 (TF39, for example Lockheed, C–5 Galaxy). For low specific fuel consumption at low flying speeds and low flying altitudes a high bypass ratio is favourable; at high flying speeds at high altitudes a lower bypass ratio is better. The choice is therefore also determined by the use mainly envisaged for the engine, for example whether for regional or long-haul transport.

On the one hand, for reasons related to specific fuel consumption it is expedient to be able to set different fixed bypass ratios in different flight phases; on the other hand certain operating conditions of the gas turbine require the air supply at the outlet of the low-pressure compressor to be varied while the speed of the low-pressure shaft remains almost unchanged. The latter is usually achieved by means of controlled valves (variable bleed-doors, CF6–80C2 engine) which let out pre-compressed air at the end of the air duct channel 12 (Fig. 1) to the bypass duct. This has the following disadvantages:

- (i) The pre-compressed air cannot be channelled into the bypass flow without turbulence. Moreover, pre-compression takes place with a low-pressure compressor efficiency of < 1 .
- (ii) Behind the valve area, the primary air stream has a continuous, tangential pressure profile (a varying pressure, considered circularly), which is not equalised on reaching the high-pressure compressor. At the first rotor stage of the high-pressure compressor this varying fraction, which is not synchronous with the high-pressure core, also acts behind the inlet guide vanes 11 (Fig. 1) in the manner of a random interference which has an adverse effect on the conversion factor of the forward stages. Possible stability problems in the first rotor stage of the high-pressure compressor (not mentioned) can be deduced from the design measures adopted there.

Separation of the forward air paths

A more favourable approach is to vary the distribution of the amounts of air B and C (Fig. 1) directly behind the fan, as proposed herein. An annular variable air flow separator, Fig. 2, whose inlet area is changed by the simultaneous tilting of all its annular segments 2 (Fig. 1; Fig. 2), does not suffer from the above-mentioned problems. To obtain the effect very directly, the backs of the fan blades are if necessary provided with a profile corresponding to the path of the front edge of the annular segments. Close guiding of the annular segment edges near the fan avoids pressure equalisation behind the fan and a reduction of the effective variation range.

Arrangement of the annular segments in the fan case

The drawing Fig 1 shows the relevant section of an ordinary fan engine, the principle of whose structure need not be explained in more detail here. The indicated, generally customary manner of mounting the shaft system and the particularly highly loaded components 16, 17 does not involve the radial air straightener struts 4 in the static system of the front portion of the engine, which is carried only by the cast titanium fan hub 12, 17. Thus, the straightener struts can be used as control arms for the annular

tilting segments, with which they are in fixed connection; 2, 4. The annular variable air flow separator is mounted by means of a tilt axis polygon assembly 1 forward on the customary multi-component air duct 3, whose outer surface forms the inner envelope of the bypass channel and whose inner surface forms the mantle of the low-pressure compressor. The fixed inlet guide vanes 14 in front of the low-pressure compressor inlet are positioned obliquely between the fixed mounting area 15 and the front edge of the air duct near 1. If its front plane is directly opposite the rear plane of the fan, then the periphery of the crown is chosen such that in the smallest position it contacts the inner surface of the annular air flow separator.

Instead of the action of the unison ring 7 that can be seen in Fig. 1, which transmits the translation movement of a few actuators 8 in the axial direction in combination with the links 6, an arrangement of 90°-angle levers is provided between 6 and 7 (not indexed). The radially orientated angle axes are mounted to rotate on the fan case 9 similarly to the valve controls on the rear mantle end of the low-pressure compressor in the CF6–80C2 engine. The unison ring is moved by means of additional angle levers between 7 and 8: not displaced in the axial direction, but rotated on the fan case. This design makes do with 2 actuators in diametrical arrangement and also an axial working direction as in Fig. 1 on the fan case.

Design of the annular air flow separator

Fig. 2 illustrates schematically a possible structure of the annular air flow separator. The straight axis portions 1 are arranged in a polygon; for example, they are fixed at the inner end of the air straightener struts 4 and mounted movably at the front end of 3, where the inner and outer surfaces of the multi-component air duct meet. The front part of 4 is fixed in the tilting segments 2 (symbolically by means of 6). The telescoping intersections 5 are displaced telescopically in the edge zones when the segments are tilted away from the horizontal. When x and Δx are large, i.e. wide segment sections (few struts) and large tilt angles, the stresses on the telescoping intersections tend to curve their surfaces and this must be taken into account either by choosing appropriate tolerances and materials or by central links and by making 5 as a rigid structure.

Relative bypass ratio variation

Due to the inlet diffuser the air flow A (Fig. 1), before and during its passage through the fan, undergoes radial lamination that depends on the design and operating parameters. Accordingly, on the basis only of simple geometrical area ratios behind the fan no conclusions can be reached about a current bypass ratio or the relative change of the bypass ratio b within wide limits.

For a sufficiently large number of narrow segment sections of width x and for a quantitatively equal segment width variation Δx in both directions (opening/closing), the relative total area variation of the annular air flow separator F_{\max}/F_{\min} is given by $F_{\max}/F_{\min} \approx (1 + 2\Delta x/x)^2$. When $\Delta x \ll x$, the relation $\phi \approx \arcsin (2R.\Delta x/y.x)$ also applies, see Fig. 2.

Without knowing the different radial flow density variations that depend on the segment position, it is also impossible to estimate the largest relative change of the bypass ratio. For this, the flow densities must be integrated separately over the four radius sections corresponding to the two extreme positions of the segments.

For small area differences of the segment opening $(F_2 - F_1) \ll F_{\max} - F_{\min}$ and the two segment positions $(F_2; F_1)$ close to the arbitrary tilt angle ν , the relative change of the bypass ratio behaves as the effective area ratio $b(\nu) = (F_2 - F_f)/(F_1 - F_f)$. F_f is the area enclosed by the mounting footprint 15 (Fig. 1). If the bypass ratio for ν is known, then only the relative change close to ν can be concluded from the geometry.

List of indexes (Given also in English)

6
Claim

Minimisation of the specific fuel consumption of a fan engine requires the controlled adjustment, appropriately for the various operating conditions, of a ratio between the secondary air flow that bypasses the engine and the primary air flow which passes through the engine (the bypass ratio). In addition, certain operating conditions require the air supply at the outlet of the low-pressure compressor to be corrected rapidly while the instantaneous speed of the low-pressure shaft remains unchanged. The latter is usually achieved by means of controlled valves at the end of the low-pressure compressor leading to the bypass channel. Effective variation of the bypass ratio by means of valves is not intended and also not possible.

The arrangement for varying the bypass ratio is **characterised** by the following features:

- (1) The variable separation of the total air quantity A passing through the fan into an air flow B (secondary flow, outside) and an air flow C (primary flow, inside, through the compressor system) takes place by means of a controlled annular variable air flow separator arranged concentrically to the central axis, which is positioned immediately behind the fan at the radius level of the usual rigid air duct and which, by virtue of adjustment options for smaller and larger aperture areas, produces a low-turbulence variation of B and C.
- (2) The separator's aperture is adjusted by virtue of the fact that the front portion of the separator is divided into movable segments, which are mounted to rotate about the central axis on a rotation axis polygon in the shortened front edge of the rigid air duct and are tilted in unison,
 - (2.1) by means of a movable arrangement of the usually fixed guide struts, which are connected fast to the segments behind the fan. They are mounted at the inner end by means of the straight polygon axis portion associated with the strut, and on the mantle of the fan case by a link, which connects the strut that slides through the mantle to the associated control arm of the actuator mechanism (actuator and customary unison ring as for valve control)
 - (2.2) pressure equalisation between B and C is prevented by telescoping intersections between the segments

(2.3) unintentional closing of the separator is prevented by limiting the smallest separator aperture by virtue of the geometry of the segments, which taper towards the edge of the separator.

With 2 pages of drawings
